武汉后湖浮游植物现存量与生产量 季节变动的初步研究

戎 克 文 (中国科学院水生生物研究所,武汉 430072)

根据 1990 年 5 月—1991 年 4 月武汉后湖浮游植物种类组成、现存适和生产量的 哥 年资料分析,绿藻、硅藻、蓝藻为优势类群;现存量和生产量高低次序依次为:狄、冬、夏、春。并以浮 游植物群落生态作为主要依据对后湖的营养状态进行了综合评价、

浮游植物 现存量 生产量 武汉后湖 武汉东湖 关键词

后湖原是东湖的一个湖湾,60年代 筑堤分隔成独立子湖,北部与牛巢湖虽 有土堤相隔,但有一铁栅栏闸门相通。后 湖三面环山,一边为农田,周围村庄稀 少。环湖陆生植被以果树、松树、灌木林 及杂草为主。湖湾区有一个集体渔场附 属小型奶牛场,饲养奶牛仅4头。作为鱼 塘肥源。少量生活污水不直接排入湖湾 亦通过农田、果园利用吸收后随地表迳 流排入。湖区面积年平均约为 467 hm²。 最大水深丰水期时约为 3.5 m,枯水期时 约为 2.5 m。透明度年变动范围在 0.5-1.30 m 之间。该湖沿岸带水生高等植物 生长茂密。植被覆盖面约占全湖25%,年 平均生物量为 718. 13 g/m3。主要种群为

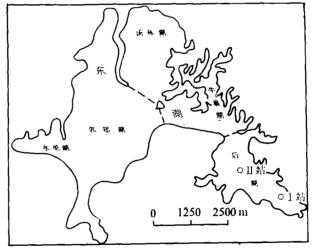


图 1 武汉后湖采样站及位置图 Fig. 1 Locations of Houhu Lake and sampling stations

聚草、苦草、莲、野菱等,与东湖其它湖区相比,该湖的天然水生植物最为丰富。

为了解该湖区浮游植物的种群组成、现存量和生产量的季节变动,设两个采样站: I 站 位于东南湖汊; Ⅰ站位于湖区中心(图 1),逐月分层(离水面 0.5 m 及距湖底 0.5 m)采样一 次。同时对水温、透明度、氮、磷等水的理化因子进行了观测。

[•] 在撰写过程中承蒙黄祥飞教授、王骥高级工程师热情帮助,并提出了许多宝贵意见,王建同志提供叶绿紫数据,特 此一并致谢。

收稿日期:1992年9月28日;接受日期:1993年3月20日。

1 工作方法

1.1 样品的采集和处理

浮游植物定性、定量样品的采集和处理按常规方法进行[1]。

1.2 叶绿紫含量的测定

用采水器采上、下层水混匀后,取 2.5 L 带回室内。根据水中藻类多寡取出适量水样,经 Whatman GF/C 微孔滤膜抽滤。用 90%乙醇作为溶剂,在低温黑暗条件下抽提 24 h 再用 722 型分光光度计测定酸化前后光密度,测定波长分别为 665、750 mμ。最后用 Lorenzon 公式计算其叶绿素含量。

1.3 浮游植物初级生产量的测定[2]

以黑白瓶溶氧法进行浮游植物初级生产量的测定。用采水器分别在水层 0.0、0.5、1.0、2.0 m 处取水灌瓶,每层挂 1-2 个白瓶和黑瓶,挂瓶时间均为 24 h。I 站水深 0.8-1.6 m,挂瓶 3 层; I 站水深 2.5-3 0 m,挂瓶 4 层。采用温克勒法测定曝光前后溶解氧变化。

2 结果与讨论

2.1 浮游植物种类组成

经初步鉴定,后湖浮游植物约 60 种,隶属于 7 门 53 属(表 1)。全年大多数月份以绿藻门的种类数最多,达 28 种;硅藻门种类数次之,为 15 种;蓝藻门再次之,只有 9 种;其他各门种类较少,一般仅有 2—3 种。因此,后湖藻类群落为"绿藻+硅藻+蓝藻"型。

绿菜门的优势种类有:衣菜(Chlamydomonas sp)、双对柳菜(Scenedesmus bijuga)、柳菜(Scenedesmus sp)、小球菜(Chlorella vulgaris)、湖生卵囊菜(Oocystis lacustis)、小形月牙菜(Selenastrum minutum)。硅菜门的优势种类有:梅尼小环菜(Cyclotella Meneghiniana)、颗粒直链菜(Melosira Granulata)、园形舟形菜(Navichual Placentul)、菱形菜(Nitzschia sp)、脆杆菜(Fragilaria sp)、扁园卵形菜(Cocconeis placentula)。蓝菜门的优势种类有:一种颤菜(Oscillatoria acultissima)、微小平裂菜(Merismopedia lenuissma)、微小色球菜(Chroococcus minutus)。另外,尚有一些较为常见的种类,如尖尾隐菜(Chroomonas acuta)、啮蚀隐菜(Cryptomonas erosa)、囊裸菜(Trachelomonas sp)。

2.2 浮游植物数量和生物量的季节变动

2.2.1 数量变动 后湖 I 站浮游植物数量,全年波动在 41950—108980 个/mL 之间。生物量波动在 2.095—11.572 mg/L 之间。 I 站 浮游植物数量,全年波动在 56820—203280 个/mL之间(图 2)。

I 站浮游植物数量以秋季最高(203280 个/mL),冬季次之(189780 个/mL),夏季再次之(91600 个/mL),春季最低(69560 个/mL)。I 站浮游植物数量季节分布规律与 I 站相似,即秋季最高(108980 个/mL),冬季次之(83320 个/mL),夏季和春季的浮游植物数量略低,分别为 75400 及 73280 个/mL(表 2)。

表 1 武汉后湖浮游植物种类组成

Tab. 1 Specie composition of phytoplankton in Houhu Lake, Wuhan

种 类	春	夏	秋	冬
绿藻门 Chlopta				
體形纤维藻 Ankindrodesmus falcalua var. mirabilis	++	+	++	+
衣藻 Chiamyd omonas sp	+++	+++	+++	++
波吉卵囊藻 Oocystis borg ei	+	++	++	l +
割生卵囊藻 O. lacustis	1 ++	++	++	++
浮球賽 Planktosphaeria sp	}	+	+	+
四角十字藻 Crucig enia quad rata	1	+	+	+ /
四足十字葉 C. terapedia	+		l	-4
美丽胶网藻 Dicty osphaerium pulchellum	1	+-	+	
四尾栅幕 Scened esmus quad ricaud a	4	+	←	15 1
二形栅藻 S. dimorphus	/	1 5/+	\\\\	
双对栅寨 S. bijuga	1	++\\	0 14-	1 ++
御菓 S. sp	+++	++	+++	+++
单棘四星藻 Tetrastrum kasliferum		+	1	
新月藻 Closterium sp	1)	+	ì	
小空星藻 Coelestran microsrum		+	{	}
四東黨 Trenbaria sp	1	1	+	
集星黨 Activactrum hantzschü		+	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	1
木形月牙前: Scienastrum mimutum	++	++	1 ++	++
徽小四角藻 Tetraedron minimum	\ '+'	+	+	`+'
十字柱形鼓藻 Penum cruciferum	'	'	! '	
小球藥 Chlorella vulgaris	++	+++	+++	'+
盘星藥 Pelindrum cruciferum	1	+	+	++
租肾形藥 Nephrocytium obesum	1 .	1 -	\	1
位刊ル東 Neparacytain obesita 线形拟韦斯葉 Westellopsis linearis	+ +	ļ	ļ	}
•	1		ĺ	l .
肥壮時形藻 Kirchneriella obesa	+			+
疏刺多芒葉 Golenkinia paucispina	+	ì	} .	+
四角角星鼓藻 Slaurastrum tetracerum			!	ł .
数藻 Cosmarium sp	+	 +	+	+
蓝葉门 Cyanophta	1]]
针状兰纤维革 Dactylococcopsis acicularia	}	1) +]
微小色球藻 Chroscocus minutus	++	++	++	++
微小平裂藻 Merismoped in lenuissima	+	+	+	+
一种颤藻 Oscillatoria acutissima	++	++	++	+++
颤薬 O. sp	ì) +	ľ	
管孢葉 Chamaed ip hon Sp	ı		+	ĺ.
粘杆藻 Glueothece sp	Į.	+	+	+
固氮鱼腥藥 Anabaena azotica		+	+	+
中华尖头藻 Raphid op sis sinensia	<u> </u>	+	+	<u></u>
O葉门 Cryptophyta	1]
尖尾蓝隐藻 Chroomonas acuta	++	+	++	++
嘶蚀隐纂 Cryptomonas erusa	++	++	++	++
芦葉门 Pyrrophyta				
角甲藻 Ceratium hirundinella)	1	+	
棵甲藻 Gymacdinium sp	1	\ +	+	+

				续表1
种 类	老	夏	秋	冬
金藻门 Chrysophyta				
单鞭金藻 Chromulina sp		+		
金杯藻 Kipg yriop sas end zu				+
长锥形锥囊藻 Dimobryon bavaricum	+	+		l
裸藻门 Euflenophyta			-	
養保菓 Trackelomonas sp	++	++	++	++
裸藻 Buglena sp		+	+	+
硅藻门 Bacillariphyta				Λ
小环藻 Cyclotella meneghiniana	∫ ++	++	++	4+
螺旋颗粒有链藻 Melosura granulata	 ++	++	+10	7 // +
直链藻 M. sp	+	+ 4	1 +) 🕒
肘状针杆藻 Synedra ulna	1 1/1 5/	K\ + \		+
针杆藻 S. sp		\\+o]		+
园形舟形藻 Navichula placentul	\\\\+\ + \	1	+	++
舟形薬 N. sp	ا ا	+	ł	
菱形藻 Nitzshin sp	++	++	++	++
扁园卵形幕 Coccimens placentuli	++	++	++	++
羽纹镇 Pinnularus sp		+	+ '	+
双菱菜 Surorella sp	+	+	+	+
异极藻 Comphonema sp	+		+ ,	+
脆杆藻 Fragilaria sp	++	++	+	++
短線準 Fundur sp	+	<u> </u>	!	+

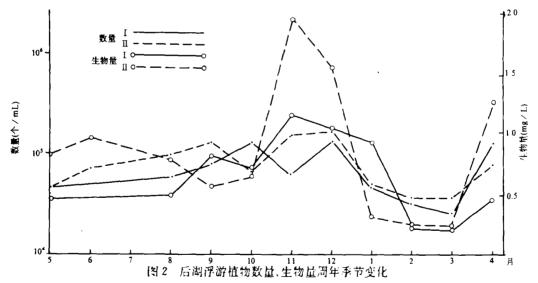


Fig. 2 Monthly variation of numbers and biomass of phytoplankton in Houhu Lake

后湖各门浮游植物数量和生物量在不同季节所占比例不同。从图 3、表 3 中可以看出,无论是 I 站或是 I 站全年浮游植物各门变动的总趋势以绿藻门为主,硅藻、蓝藻门其次,裸藻、隐藻、甲藻、金藻门依次排列。 I 站各季节均以绿藻门占优势,约占藻类总数的 52.3 %—59.4 %。 I 站浮游植物数量春、夏两季仍以绿藻门为主,分别占藻类总数的 65.1 %和

51.0%。秋、冬两季则以蓝菜的数量居多,分别高达 115930 个/mL 和 105400 个/mL。占表2 后湖湖区浮游植物数量与生物量的季节变动。

Tab. 2 Scasonal changes of density and biomass of various phytoplankton on Houhu Lake

种 类	春(3-5月) 夏(6-8月)		秋(9-11月)		冬(12-2月)		年平均			
	i站	■站	山站	I站	1 站	I站	1站	I站	I站	I站
绿葉门	43. 54	45. 31	40. 89	46. 73	59. 16	58. 37	43. 63	65. 53	46. 81	53. 99
	1. 401	5. 810	1. 597	5. 568	3. 751	5. 636	3. 197	4. 353	2. 487	5. 342
硅藻门	6. 55	7. 08	9. 56	14. 34	17. 48	13. 01	21. 90	10. 40	13. 87	11. 21
	0. 574	0. 744	0. 715	1. 357	2. 905	1. 651	3. 070	0. 747	1. 816	1. 125
蓝藻门	10. 62 0. 053	6. 37 0. 045	16. 99 0. 120	20. 9 7 0. 200	22. 21 0. 179	115. 93 1. 186	9. 07 0. 050	105.40	14.72 3.101	62. 17 0. 518
胞葉门	6. 90	4. 43	3. 72	2. 66	3. 27	5.04	2.30	3. 16	4. <u>05</u>	3. 97
	1. 150	0. 773	0. 930	0. 664	1. 298	1.062	0.472	0. 959	9. 963	0. 865
裸藻门	4. 96 0. 466	6. 19 0. 366	2. 12 0. 120	3. 19 0. 299	0. 28 0. 543	$\frac{10.09}{0.732}$	6. 42 0. 523	4. 56 0. 377	4. 95 0. 413	6. 01 0. 444
甲藻门	0.0	0.18	2. 12 1. 346	1.06 0.673	0. 58 0. 298	0.84 0.336	0. 0 0. 0	0. 13 0. 0	0. 68 0. 411	0. 55 0. 0252
金雞门	0.71	0. C	0. 0	2. 66	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 18	0. 67
	0.045	0. 0	0. 0	0. 170	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 011	0. 043
总计	73. 28	69. 56	75. 40	91.61	108. 98	203. 28	83. 32	189.78	85. 26	138. 56
	3. 689	7. 738	4. 828	8.931	8. 974	10. 602	7. 312	7.076	6. 202	8. 589

* 单位: 数量 10³个/mL 生物量 mg/L。

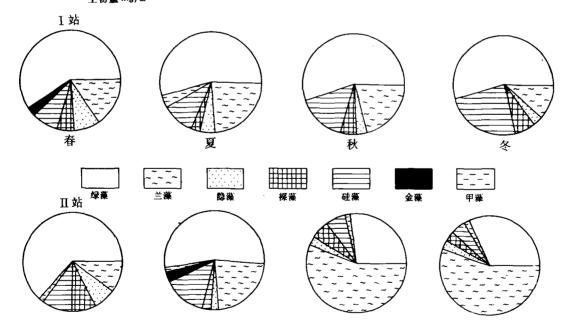


图 3 后湖浮游植物种类组成(%)的季节变化

Fig. 3 Scasonal changes of phytoplankton species (%) in Houhu Lake

总数的 57.0%和 55.5%,其主要种类为 Oscillatoria acutissima。

2.2.2 生物量变动 从图 4 中可以看出,后湖浮游植物生物量相对百分数的季节变动:I站、II 站全年均以绿藻门为最多,I站波动在 33.1%-43.7%;I站波动在 53.2%-75.0%。硅藻、甲藻、隐藻门的生物量,在某些季节可占较大份额。例如:I站秋、冬季硅藻分别占 32.4%和 42.0%;甲藻夏季占 27.8%;隐藻春季占 31.2%。蓝藻数量虽大,因个体小其生物量占藻类总量的百分数不高。I、I站全年变幅仅为 0.5%-11.2%。I、I站浮游植物年平均数量分别为 85250 和 138560 个/mL,I站约为 I站的 1.6 倍;I、I站浮游植物年平均生物量分别为 6.20 和 8.59 mg/L,I站约为 I站的 1.4 倍。

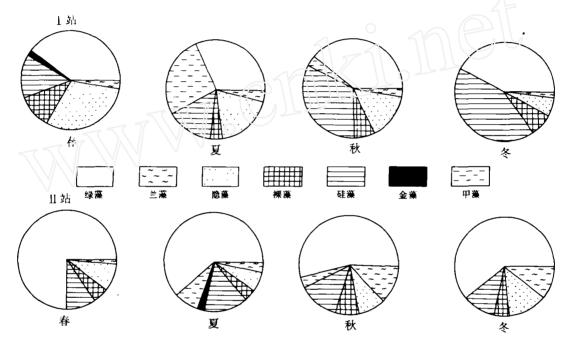


图 4 后湖浮游植物生物量(%)的季节变化

ig. 4 Scasonal changes of phytoplankton biomass (%) in Houhu Lake

I 站浮游植物数量与生物量较低的主要原因在于该站所处湖区水生高等植物茂盛,覆盖面约占该湖区的 65%-75%,其生物量约高达 1323. 6 μg/m²,与浮游植物在光和营养盐的竞争,导致藻类生物量、生产力的抑制。 I 站却相反,水草较少,故浮游植物生长良好。

I、I 站浮游植物数量和生物量变化趋势(表 2)相似。秋季浮游植物密度和生物量均明显高于其他季节,冬季、夏季、春季依次较低。该湖浮游植物群落季节变动格局与武汉东湖一水果湖区,郭郑湖、汤林湖区 60 年代浮游植物群落季节变动基本相似。而浮游植物密度、生物量水平和季节变动规律与 70 年代初相近。

2.3 浮游植物叶绿裳含量的季节变动

图 5 为后湖浮游植物叶绿素 a 和脱镁叶绿素 a 年季节变动曲线。 I 站全年变幅分别为 0.33-9.84 μ g/L 和 0.0-3.28 μ g/L。 I 站为 2.05-10.62 μ g/L 和 0.21— 3.20 μ g/L。

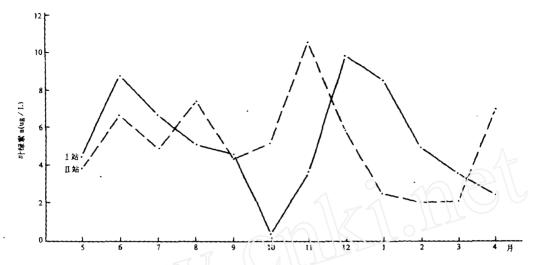


图 5 后湖浮游植物叶绿素 a 含量周年季节变动

Fig. 5 Monthly variation of chlorphyll-a of phytoplankton in Houhu Lake

表 3 后湖浮游植物叶绿素 a、脱镁叶绿素 a 季节变化 单位:μg/L Tab. 3 Seasonal changes of chlorophil-a and chlorophyll-a of phytoplankton in Houhu Lake

<i>E</i> ##	叶绿	∦a	脱镁叶绿素 a		
季节	1 站	¥站	1 站	I站	
春(3-5月)	3. 50	4. 52	1. 60	1. 68	
夏(68月)	6. 83	6. 34	2. 40	2. 31	
秋(911月)	2. 83	6. 68	2. 07	2. 10	
冬(12-2月)	7.77	2. 10	0. 31	0. 59	
均 值	5. 23	_ 4.91	1. 60	1. 67	
标准差	2. 43	2. 09	0. 92	0.77	

从表 3 可以看出, I、I 站叶绿素 a 含量之均数或标准差,差异不大。可以认为, I、I 站叶绿素含量差异不显著。

2.4 浮游植物初级生产量的季节变动

后湖浮游植物水柱日产量全年变化在 0.31-6.33 g O_2/m^2 d 之间(图 6)。全湖植物年总产量为 3176.9 t O^2 。全年以夏季的生产量最高。以 I 站为例,夏季约占毛产量的 32.1%,秋季其次,约占年总毛产量的 24.95%;春季和冬季分别占全年总毛产量的 11.80%和 10.50%。浮游植物初级生产力的垂直分布和季节变动与光强、水温、水体营养元素有关。从

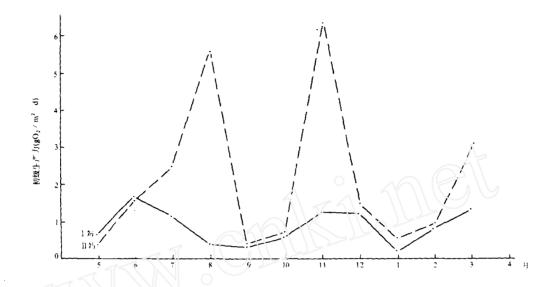


图 6 后湖 I、I 站浮游植物初级生产力周年的变动 Fig. 6 Monthly variation of primary productivity of phytoplankton at stations I & I, Houby Lake

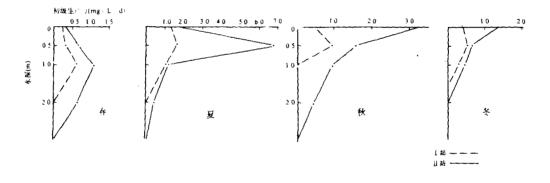


图 7 后湖 I、I 站浮游植物初级生产力垂直分布的季节变动 Tab. 7 Seasonal changes of vertical distribution of primary productivity for phytoplankton at stations I & I .

图 7 中看出,最高生产量常出现在水表或 0.5 m 或 1.0 m 深处。晴天表层光强过大,出现光抑制,最高生产量常出现在 0.5 m 或 1.0 m 处,最高生产层以下,各水层则随着水深的增加,光照强度的减弱生产量逐渐降低。I 站最高生产层各季节均在 0.5—1.0 m。夏、秋、冬三季节 0.0—0.5 m 水层的毛产量分别占其水柱毛产量的 52.4%、60.7%和 50.0%,I 站与 I 站相同,在这三个季节 0.0—0.5 m 水层的毛产量分别占其毛产量 43.4%、47.3%和 50.0%。

水柱毛产量无论 I 站或 I 站均以夏季最高。 I 站、I 站分别为 1.07 g O₂/m² d 和 4.79 g O₂/m² d。各占其水柱年产量的 33.86%和 31.63%。再次是春季、冬季最低(表 4)。

159

表 4 后湖浮游植物初级生产力*

Tab. 4 Primary productivty of phytoplankton in Houhu Lake

站	春(3—5月)	夏6—8月)	秋(9-11月)	冬(12-2月)	总计
i	$\frac{0.72}{22.78}$	1. 07 33. 86	0. 71 22. 47	0. 66 20. 89	3. 16 100
I	1.75 14.88	4. 79 40. 73	3.72 31.63	1. 50 12. 76	11. 76 100

^{*} 单位: ^{g O₂/m² d}。

2.5 后湖浮游植物现状及其合理开发利用途径

表 5 列举了后湖、郭郑湖、保安湖、赤东湖浮游植物种类组成,现存量和生产量的有关数

表 5 后湖与其他湖泊浮游植物现存量和生产量的比较。

Tab. 5 Standing crops and productions of phytoplankton in Houhu Lake and other lakes

340 344	年份	种类	种类组成(%,年平 均,按个体统计)	数量(个/mL)		季节变动	初级生产量	营养
湖泊				年平均	变 幅	曲线特征	(g O ₂ /m ² d)	类型
	195 6 195 7	各营养型代表种类 混杂存在,中营养 型种类为主	甲藻(40%以上) 和硅藻(20% 左右)为主	10 ² —10 ³	50— 1000	"马鞍形", 非季和 秋季高峰(甲藥 和硅藻)	_	中-富
东湖	1962 1963	富营养和中营 养型种类为主, 贫营养型种类 消失或减少	绿 藻 (25%—40%) 和 蓝 藻 (25%—30%左右)为主	103 左右	200— 2000	常于夏秋季呈 現一个高峰(绿 藻和蓝藻)	4.5-6.5	a
	1973 1977	富营养种类为主	绿藻(30%以上) 和 蓝藻(30%左 右)为主	103以上	500— 5000	夏、秋季呈现一个高峰(兰葉和绿葉)延续时间长	5. 5-7. 5	富
后糊	1990 1991	中营养型、富营养种类为主、贫营养型种类消失或减少。种群小型化	绿藻(43.0%)和 蓝藻(26.0%)为 主	103以上	200— 2000	秋、冬呈現一个 高峰(绿藻和蓝 葉)	0. 3-6. 3	中-富
保安期	1986 \ 1987	营养型种类混杂存在,中营养型种类富营养型种类富营养型种类为主	隐葉(40%)和硅 葉(30%)为主	103	50— 1000	夏、秋季呈現一个高峰(隐簾和	0. 2-3. 0	贫-中
赤东湖	1984、 1986	富营养种类为	蓝藻(64%)和隐 藻(20%)为主	109以上	500- 5000	夏、秋季呈现一个高峰(蓝藻和	4. 7—5. 7	富

^{*} 东湖、保安湖和赤东湖有关资料来源于参考文献[3]、[4]、[5]。

据。从中可以看出如今的后湖,就其浮游植物种类、数量来说,与郭郑湖 1962—1963 年相当,即以绿藻、蓝藻为主,浮游植物数量在 200—2000 个/mL 左右。又根据 Winherg 提出的湖泊分型标准,最高水柱日产量达到 2.5-7.5 g O_2/m^2 d 时,即属富营养型湖泊。后湖浮游植物最高水柱日产量已达到 6.33 g O_2/m^2 d,故,可以认为,该湖已属富营养型湖泊。

长江中下游浅水湖泊是我国特有的国土资源。因此研究、开发和保护这类水体防止或延缓水体富营养化,使之健康运转,持续利用是一项极待解决的问题。

后湖位于武汉市东郊,地理位置极为重要,应把维护环境放在首位;同时在兼顾环境的前提下发展名、特、优水产和游钓业,使生态、环境、经济效应同步增长。

参考文献

- 1 意宗涉、黄祥飞。淡水浮游生物研究法。北京,科学出版社,1991:333-344。
- 2 王 骥。浮游植物的初级生产方与黑白瓶测氧法。淡水渔业、1980(3)。
- 3 饶钩止、章宗涉。武汉宗鞠浮游植物的演变(1956—1975年)和富营养化问题。水生生物学集刊,1980,7(1),1—16。
- 4 胡传林、前锋飞、保安训渔业全态和渔业开发技术研究文集。北京:科学出版社,1991;56—57。
- 5 孙青寿等,赤东副浮鹬植物及渔产潜力。长江流域资源、生态、环境与经济开发研究论文集。1988,78—79。
- 6 至 鷹等、武汉东湖浮游植物的初级生产力及其与若干生态因素的关系,水生生物学集刊,1981,7(3),295—310。
- 7 Hussaing S. U., Bacterial and algal chlorophyll in low salt lakes in Vitoria, Australia, Water Research, Pergamon Press-1972, \$\mathbf{e}\$: 1361-1365.
- 8 Hustedt, F., Bacillariophyta, in pascher, Susswasserflora Von Mitteleeuropas, Heft. X. No. 2 Auft, Jena, 1930.

SEASONAL CHANGES OF STANDING CROP AND PRODUCTION OF PHYTOPLANKTON IN HOUHU LAKE, WUHAN

Rong Kewen

(Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract

According to the annual variations (May 1990 — April 1991) of species composition, standing crop and productions of phytoplankton in Houhu Lake, Wuhan, it is found that the dominant taxa are no other than Chloropgyta, Bacillatiophyta and Cyanophyta in the lake with their standing crop and production being highest in autumn and lowest in spring. On the basis of the ecology of phytoplankton community, some comprehensive evaluation on the trophic state of Houhu Lake is suggested.

. Key Words Phytoplankton, standing crop, production, Houhu Lake of Wahan,

Donghu Lake of Wuhan